

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-092882

(43)Date of publication of application : 31.03.2000

(51)Int.Cl.

H02P 5/00  
G05B 13/02  
G05D 3/12

(21)Application number : 10-265069

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 18.09.1998

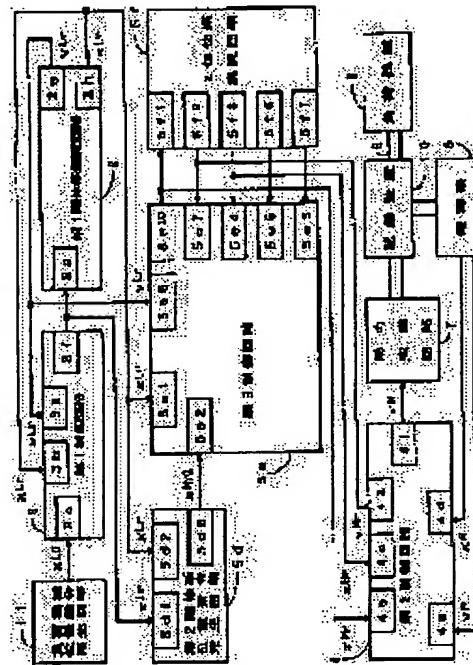
(72)Inventor : KAKU SOKI  
UMEDA NOBUHIRO  
OGURO RYUICHI  
TOMITA KOJI

## (54) POSITION CONTROLLER OF TWO-INERTIAL SYSTEM

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve position control response of a load machine to a change in the position command of the load machine.

**SOLUTION:** This position controller, which involves load machines 9 such as a table and robot arm in a machine tool, a motor 10 driving the load machine, and a transmission mechanism 8 connecting both of them, is provided, in addition to a conventional control circuit, with the first rigid body simulation circuit 2, the first control circuit 3, the third rigid body system position command generating circuit 5d, the third control circuit 5e, and a two-inertial system simulation circuit 5f having the 3-1 rigid body system simulation circuit, the 3-2 rigid body system simulation circuit, and the 3-1 spring system simulation circuit introduced newly.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



機械回路と、前記負荷機械の位置に基づいて第1速

号と前記第1模擬位置信号と  
合する第1位置制御回路

前記負荷機械の位置指令信号、  
前記第1速度指令どに基づい  
系換擇回路と、

前記負荷機械の位置指令信号を入力して少なくとも2回の積分演算を含む所定の閾値演算により前記負荷機械の搬送位置信号と第1搬送速度信号と応答を指定する第1搬送位置信号と第1搬送速度信号と

前記第1 摹擬位置信号と前記第1 摳擬動力信号とを入力する指令を変換換板回路  
記録装置の回答を指定する  
3-2 摳擬速度信号と第3-1  
れ出力する指令を変換換板回路  
前記第3-1-2 摳擬動力指令と  
と前記第3-1-2 摳擬位置信号  
号と前記第3-1-2 摳擬速度信号  
た駆動装置の駆動位置と駆動

路と、  
前記第1 検振位信号と前記第1 検振速度信号と前記第1 検振加速度信号を入力して所定の閾値演算により前記閾値演算の結果を検出する第3 - 2 検振位信号と第3 - 2 検振速度信号と第3 - 2 検振加速度信号をそれぞれ  
駆動接続の応答を指定する第3 - 2 検振制力指令とをそれぞれ  
出力する指令変換接振回路と、  
前記第3 - 2 検振速度信号と前記第3 - 2 検振加速度信号と前記第3 - 2 検振位信号とに基づいて前記測振器から得られた  
前記第3 - 2 検振速度信号と前記測振器から得られた  
駆動接続の誤差位置と目標速度とにに基づいて前記駆動接

【課題8項】食育機械と運動力を利用した伝達機構を介して前記食育機械を駆動する駆動装置と前記伝達機構とを備えた機械系と、前記駆動装置の位置または速度を検出する制御器と、  
前記食育機械の位置指令信号を入力して少なくとも2回の測定計算を含む所定の測定順序により前記傳達機構の応答を指定する第1部位位置信号と第1搬送速度信号と第1搬送運動力信号などをそれぞれ出力する各荷物指定回

接置の動力を制御する第2制限回路と、  
前記第1制限回路の第1－模擬動力信号を所定範囲内にと  
どめる制限回路と、

接置の動力を制御する第2制限回路と、  
前記第1制限回路の第1－模擬動力信号を所定範囲内にと  
どめる制限回路と、

接置の動力を制御する第2制限回路と、  
前記第3制限回路の第3－模擬動力指令を所定範囲内にと  
どめたことを特徴とする2個性  
系の位置制御装置。

【発明の詳細な説明】  
【0001】  
【発明の属する技術分野】本考案は、工作機械におけるテープルやロボットのアームなどの負荷機械と、前記負荷機械を駆動する直流電動機・誘導電動機・同期電動機・電磁石・リニアモータなどの驱动装置と、上記負荷機械と驱动装置とを連結する伝送機構とを備えたこととする。  
【0002】  
【考案の位置制御装置】

伝達された駆動力に対して負荷機械の位置を出力する第1剛体系と、与えられた駆動力入力に対して駆動装置の位置を出力する第2剛体系と、前記第1剛体系や前記第2剛体系を連結するばね系とを備えた2次性系として前記機械系を近似するとともに、前記第1剛体系の入力特性を模擬し、後述の第1換算駆動力信号に基づいて第1剛体系位置信号及び第1換算速度信号を出力する第1剛体

前記第1制御回路の第1接続部  
どめる制限回路と、  
を備えたことを特徴とする2件  
【請求項7】負荷機械と動力源と  
前記負荷機械を駆動する駆動装置  
備えた機械系と、前記駆動装置  
する限界器と、

**[0002]** 「従来の技術」工作機械におけるテーブルやロボットのアームなどの負荷機械と、前記負荷機械を駆動する直流電動機、瞬電動機、同期電動機、電磁石・リニアモータなどの駆動装置と、前記負荷機械と駆動装置とを連通する伝送機構、それから構成された機械系に対して、出力指令値および制御対象の出力実際値が人力されるフィード

荷機械と電動機とから構成された機械系を2慣性系として近似する場合、図2-4のような構造を持つ装置となる。

[0003] 【題解】図2.4のような逆伝達の問題を解決しようとする課題は、機械系のフィードフォワード制御系の構成では、機械系の構成回路に対して、1つのフィードバックをかけることによってフィードフォワード制御系の代替特性を指定することができる。

① 機械系の共振周波数が高い場合、つまり、機械系の共振モデルは剛体系で近似できる場合、前記フィードフォワード制御系のフィードバックゲインの選択は2次または3次の方程式の根を指定することになり、容易に実現される。

② しかし、機械系の共振周波数が低い場合、つまり、機械系を剛体系で近似できない場合、機械系の共振回路を2次元性モデルで解算しなければならないこととなる。例えば、機械系を2慣性系として近似する場合、その入出力特性能が、次のように式(1)～(4)のように表現されることとは、一般的である。

[001] [001]

10 ① 機械系の共振周波数が低い場合、つまり、機械系の共振モデルは剛体系で近似できる場合、前記フィードフォワード制御系のフィードバックゲインの選択は2次または3次の方程式の根を指定することになり、容易に実現される。

11 ② しかし、機械系の共振周波数が低い場合、つまり、機械系を剛体系で近似できない場合、機械系の共振回路を2次元性モデルで解算しなければならないこととなる。例えば、機械系を2慣性系として近似する場合、その入出力特性能が、次のように式(1)～(4)のように表現されることとは、一般的である。

20

634

$$v_L = \frac{1}{s} \left( -\frac{K_{DL}}{J_L} v_L + \frac{\tau_{LD}}{J_L} + \frac{K_{cl}(x_M - K_{NL})}{J_f} \right) \quad (2)$$

(3)

$$v_{JM} = \frac{1}{s} \left\{ -\frac{K_c(x_M - K_N x_L)}{J_M} + \frac{r_{12} - r_{M2} - K_D v_{2M}}{J_M} \right\} \quad (4)$$

（回路表示）例題  
図1-1の回路のように、入力される第3 - 2 拡張動  
画信号 x112 と第3 - 1 ねね系統拡張回路の反作用動力 K  
 $K_{3-1} = K_{3-1}(K_{3-2}x112 + K_{3-1}x111)$  と第3 - 2 創体系拡張回路に与える負荷  
動力  $K_{3-2} = K_{3-2}(K_{3-2}x112 + K_{3-1}x111)$  と粘性摩擦の影響  $K_{D12W}$  と  
減算した結果に基づいて、第3 - 2 創体系拡張回路の位置 x112 および速度  
x112を出力する。第3 - 2 創体系拡張回路と、第3 - 1  
ねね系統からの駆動動力  $K_{122}$  と粘性摩擦の影響  $K_{D12W}$  と  
に与える負荷動力  $x112$  と粘性摩擦の影響  $K_{D12W}$  と  
減算した結果に基づいて、第3 - 1 拡張位置信号 x111

から負荷機械の位置への伝達特性との差の現れなどその影響の大きさに応じて、負荷機械のばね特性と卸荷機の応答特性との間に、無理できない差が存在する場合がある。負荷機械の位置が答へ特性を容易に指定できること・負荷機械の位置が答へ特性を容易に選択できる構造を持つこと・制御系のゲインを容易に選択できる

る。すなはち、前記駆動機の応答特性に振動やオーバーシュートが見られない場合は、前記負荷機械の応答特性には振動やオーバーシュートが見られない。逆に、前記負荷機械の応答特性に振動やオーバーシュートが見られる。そこで、前記駆動機を実現する2慣性系の位置制御装置を提供することである。

合は、前記取扱機の応答特性に振動やオーバーシュートが見られる。  
【0005】ところで、従来のフィードフォワード制御 10  
【問題を解決するための手段】前記の問題を解決するた  
めに、請求項1記載の2次性系の位置制御装置は、以下  
に述べるような手段を備えたものである。

(1) 伝達された駆動力に対して負荷機械の位相を出力する第1剛体系と、与えられた駆動力入力に対して駆動機の位相を出力する第3 - 2剛体系と、前記第1剛体系や前記第3 - 2剛体系を連結するばね系を備えた?

傾斜性として前記燃焼系を近似し、前記第1機関体系の入出力特性を模擬し、後述の第1機関運動力信号に基づいて第1機関位置信号及び第1機関速度信号を出力する第1

(2) 前記負荷機械の位置指令 X10 信号と前記第 1 構成部位信号との回路構成回路。  
（2）前記負荷機械の位置指令 X10 信号と前記第 1 構成部位信号に基づいて第 1 構成部位信号を出力する第 1 制御回路。

(3) 前記(2)の系の出入力特性に基づいて、入力された前記第1段階位置信号及び前記第1段階動力信号に対して前記駆動装置の第2段階位置指令 $X_{M2}$ を出力する第2剛体システム信号発生回路。

(4) 前記第3-2剛体系を複数するとともに後述の第3-2振動力信号に基づいて第3-2剛体系固有及び第3-2振動速度信号を出力する第3-2剛体系複数回路。

(5) 前記ねわ系を模擬するとともに前記第3-2-換算位置信号と後述の第3-1-始度位置信号とに基づいて第3-1-換算反作用動力信号と第3-1-換算駆動力信号とを指定することは、少なくとも4次の方程式の組を指定する問題になり、極めて困難である。さらに、前記負荷機械の応答特性と前記フィードバックゲインの選択との間に誤差が生じるため、この問題は、必ずしも解くことのできる問題ではない。

(6) 前記第1剛体系換路器と同一な構造を有しかつ前記第3-1換路器制力信号に基づいて第3-1剛体置信号と第3-1換路器置信号を出力する第3-1剛体置信号を由り第3-1剛体置信号を供給回路。

(7) 後述の第3-2 機動力指令と前記第3-1 機械反作用動力信号比を減算し第3-2 機動力信号を出力する演算部。

良くなることがよく望まれているに對して、従来の装置では、複雑な計算が必要とされるにものかわらず、前記負荷機械の応答特性を明確に指定することができない。そこで本発明は、前記第3-2模擬動力指令信号と前記第3-1検査回路にて第3-2模擬動力指令を出力する第3制御回路。(9) 前記第3-2模擬動力指令と前記第3-1検査回路にて第3-2模擬動力指令信号と前記第3-1検査回路信号と前記第3-2模擬動力指令信号と前記第3-1検査回路にて第3-2模擬動力指令を出力する第3制御回路。

特性等を導くのに多くの調整を行なう。この特徴は、音の強度と音の高さの2つである。音の強度は、音の大きさを表すもので、音の高さは、音の高さを表すものである。この2つの特徴は、音の強度と音の高さの2つである。



る。図 4 で示す第 1 制御回路 3e は、人力端子 3e 1, 3ee を経由して入力された速度指令と第 1 構造速度信号 Vlr1 とにに基づいて、駆動力指令を出力するものを示している。ここでは、房として、図 6 のような構造を持つ回路について説明する。

【0017】図 6 で示す第 1 速度制御回路において、人力端子 3e 1, 3ee は経由して入力された速度指令 Vl0 と第 1 構造速度信号 Vlr1 との差が減算器 3e1 によって得られ、減算器 3e1 と積分器 3e2 に供給される。すると、係器 3e4 によって速度指令と第 1 構造速度信号 Vlr1 との差に比例する駆動力指令  $\tau_{lrv}$  と、積分器 3e5 によって速度指令と第 1 構造速度信号 Vlr1 との差の積分に比例する駆動力指令  $\tau_{lri}$  とが求められ、加算器 3e6 によって  $\tau_{lrv} + \tau_{lri}$  の和が得られ、第 1 制御回路 3e7 によって出力端子 3e9 から出力される。第 1 制御回路 3e7 は、人力された  $\tau_{lrv}$  と  $\tau_{lri}$  の和に対して、その出力がある範囲に応じて駆動力を有する回路である。以上の説明より、前記第 1 剛体系模擬回路 2 に対し、前記第 1 制御回路のゲインなどの各部節電パラメータ

を選択することができる。また、第1種類回路は、力覚センサによる位置感覚と、第1種類位置感覚による応答特性を連携するための第1制御回路のゲインなどの各制御パラメータの調整は、容易に実現できることも理解される。図1で示す第2制御回路4は、人力端子a, 4b, 4c, 4d, 4eからそれぞれ入力された駆動装置の速度駆削値vIIと、駆動装置の速度指令vIと、駆動装置の位置指令xIIIと、駆動装置の位置駆削値xIIと、駆動装置の動力指令rIIとともに基づいて、駆動装置の位置が答xIIIが、その位置指令xIIIに追従するようになって設計されたものである。ここでは、例として、図7のような構造を持つ回路について説明する。

【0018】図7において、第2制御回路は、人力端子4a, 4b, 4c, 4d, 4eと、出力端子4iと、第2位置制御回路4fと、第2速度制御回路4gと、第2動力制御回路4hとから構成されている。また、第2位置制御回

18

路 4 f の入力端子 4 f1 に入力端子 4 c が、第 2 位置制御回路 4 f の入力端子 4 f2 に入力端子 4 d が、第 2 速度制御回路 4 g の入力端子 4 g1 に入力端子 4 b が、第 2 速度制御回路 4 g の入力端子 4 g2 に第 2 位置制御回路 4 f の出力端子 4 f5 が、第 2 動力制御回路 4 h の入力端子 4 h1 に第 2 速度制御回路 4 g の出力端子 4 g3 が、第 2 動力制御回路 4 h の出力端子 4 h2 に第 2 位置制御回路 4 f の出力端子 4 f6 が、第 2 動力制御回路 4 h の出力端子 4 f7 がそれぞれ接続されている。図 7 で示す第 2 制御回路において、入力端子 4 c, 4 d を経由して入力された位置指令  $X_{Hf}$  と位置測定値  $V_{Hf}$  とを第 2 位置制御回路 4 f の入力端子 4 f1, 4 f2 にそれぞれ入力させることによって、第 2 位置制御回路 4 f の出力端子 4 f5 から速度指令  $V_{Hf}$  が求められ、さらに、入力端子 4 a, 4 b を経由して入力された速度の駆動値  $V_{Hf}$  と速度指令  $V_{Hf}$  と速度指令  $V_{Hf}$  を第 2 速度制御回路 3 e の入力端子 4 g3, 4 g1, 4 g2 にそれぞれ入力させることによって、第 2 速度制御回路 4 g の出力端子 4 g から動力指令  $V_{Hf}$  が供給される。動力指令  $V_{Hf}$  と入力端子 4 e を経由して入力端子 4 h 1, 4 h2 にそれぞれ入力させることによって、第 2 動力制御回路 4 h の出力端子 4 h から動力指令  $V_{Hf}$  が供給される。図 7 で示す第 2 位置制御回路 4 f は、入力端子 4 f1, 4 f2 からそれぞれ入力された駆動装置の位置限幅値  $X_{Hf}$  と駆動装置の位置指令  $X_{Hf}$  に基づいて、速度指令  $V_{Hf}$  を出力する回路を示している。ここでは、例として、図 8 のような構造を持つ回路について説明する。

力がされる。すなち、入力端子 5-73a を経由して入力された駆動力信号と、駆動装置に作用する外乱の影響を表す算算機外乱との偏差が減算器 5-73b によって求められ、さる後、減算器 5-73e によって駆動力は、減算器 5-73e によって供給される。すると、積分器 5-73f によって第 3-2 領域系の速度信号を得られ、出力端子 5-73g から出力される。さらに、積分器 5-73f の出力を離分器 5-73i に入力させ、第 3-2 領域系の位置信号が離分器 5-73j によって供給され、出力端子 5-73h から出力される。

図 2 で示す第 3-1 領域系模擬回路 5-75 の構成は、前記第 1 領域系模擬回路 2 の構成と同一であるので、ここで(4)のような 2 次慣性系に近似した場合に、式(1)～(4)の特徴を反映するように、図 2 で示す第 3-1 ねね系統模擬回路 5-74 を構成する。ここでは、判別判定として、図 1-2 のような構造について説明する。

[0021] 図12示す第3-1-ねね系模擬回路は、式(1)～(4)のはね特性に基づいたものであり、ばねの入出力特性を供給する。第3-1-ねね系模擬回路に於ける別体系模擬回路への駆動力信号がそれぞれ、係數器5f4と5f4fによって出力される。すなわち、入力端子5f4を経由して入力された第3-1剛体系模擬回路の位相信号が係數器5f4dを経て、入力端子5f4bを経由し入力された第3-2剛体系模擬回路の位相信号とともに第3-2剛体系模擬回路に入力される。すると、係數器5f4cの出力端子5f4cから、駆動系におけるねじり位置が求められる。つづいて、上記係數器5f4cの出力を係數器5f5に入力させられ、出力端子5f5hから出力され、係數器5f5eによって供給され、出力端子5f5hに入力させられ、係數器5f5eの出力を係數器5f5fに入力させられ、出力端子5f5fから出力され、出力端子5f5gから出力される。図11に示している第2剛体系位相指令発生回路5は、2個系模擬回路5f5に含まれているのはね特性に基づいて、上記ばねの負荷への駆動力指令付与装置5f7に駆動力指令信号と、前記第1別体系模擬回路の第1模擬位相信号x1に対応する上記ばねの駆動則の位置指令信号を求められるように設計された模擬回路である。ここでは、例として、図13のように駆動則を持つ回路について説明する。

第3-1剛体系模擬回路に対する第3-1剛体系模擬回路の接続信号、すなわち減速比などを考慮した模擬位置信号は、係数器 5d[4]の出力から求められる。さらに、係数器 5d[3]の出力などを加算器 5d[5]に入力させ、第3-2剛体系模擬回路の第3-2模擬位置指令は、加算器 5d[5]によって供給され、出力端子 5d[6]から出力される。以上の順序より、第2剛体系の位置信号を近似し、与えられた第1剛体系の位置信号と動力信号とから、第2剛体系の位置信号を推定されることが理屈される。特に、第2剛体系の位置信号は、明らかに第3-1剛体系の位置信号 x[1]と、第3-2剛体系の位置信号 x[2]と、第3-3-2剛体系模擬回路の第3-3-1模擬位置信号 x[1][2]と、第3-3-2剛体系模擬回路の第3-3-2模擬位置信号 x[2][2]と、第3-3-2剛

5.8ef に人力させ、減算器 5.e8e, 5.esf の出力を、それぞれ係數器 5.e9, 5.es9 に入力させる。すると、第 3 - 1 剛体系換回路の位置追従誤差に比例する速度指令と、第 3 - 2 剛体系換回路の位置追従誤差に比例する速度指令とが生成される。さらに、第 3 - 1 剛体系換回路の位置追従誤差に比例する速度指令と、第 3 - 2 剛体系換回路の位置追従誤差に比例する速度指令とを加算器 5.e81 に入力させ、速度指令 v\_011 は、加算器 5.e81 の出力端子によつて供給され、人力端子 5.e8j から出力される。図 1.4 に示している第 3 制御回路回路 5.e9 は、入力端子 5.eba, 5.esb, 5.es9, 5.esd から得られる速度指令 v\_012 と、第 3 - 2 換捲速度信号 v\_r12 と、第 1 換捲速度信号 v\_r11 と、第 3 - 1 換捲速度信号 v\_r11 とにに基づいて第 3 - 1 換捲動力信号 r\_12 を出力する回路である。ここでは、例として、図 1.6 のような構造を持つ回路について説明する。

[00025] 図 1.6 で示す第 3 制御回路において、速度指令 v\_012 は、第 3 制御回路 5.e9k によって出力される。すなわち、人力端子 5.eba, 5.esb, 5.es9, 5.esd から得られる速度指令 v\_012 と、第 3 - 2 換捲速度信号 v\_r12 と、第 1 換捲速度信号 v\_r11 と、第 3 - 1 換捲速度信号 v\_r11 とに比例する動力指令とは、それぞれ減算器 5.e9e, 5.esf に入力される。すると、修正された速度指令 v\_012 は、加算器 5.e9g に入力させられる。すると、修正された速度指令 v\_012 は、加算器 5.e9g の出力から供給され、係數器 5.e9h と積分器 5.e9i とに入力させる。修正された速度指令 v\_012 は、加算器 5.e9j の出力端子 5.e9k に入力する。これにより、第 3 制御回路を経て、第 3 制御回路を経て出力される。

[00026] [実施の形] 第 1 振速制御回路において、減算器 5.e9j は、得られた速度指令 v\_011 と、第 1 振速速度信号 v\_r11 とに比例する動力信号 v\_d11 を出力する回路である。このことは、別途振速装置の位置測定値を追従するための動力を生成する。また、上記の減算器 5.e9j は、得られた速度指令 v\_011 と、第 1 振速速度信号 v\_r11 とに比例する動力信号 v\_d11 を出力する回路である。

[00027] [実施の形] 第 1 振速制御回路において、減算器 5.e9j は、得られた速度指令 v\_011 と、第 1 振速速度信号 v\_r11 とに比例する動力信号 v\_d11 を出力する回路である。

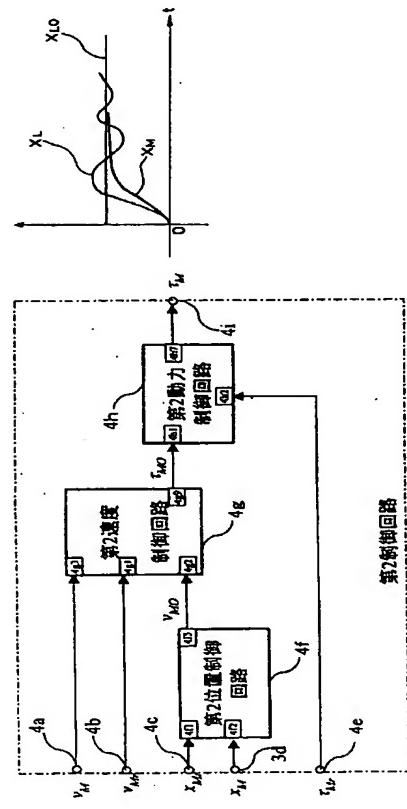
[00028] [実施の形] 第 3 制御回路において、減算器 5.e9j は、得られた速度指令 v\_011 と、第 1 振速速度信号 v\_r11 とに比例する動力信号 v\_d11 を出力する回路である。

（表2）前記実施の形態1で説明  
（表3）前記実施の形態1、2で  
（表4）前記実施の形態1、2で

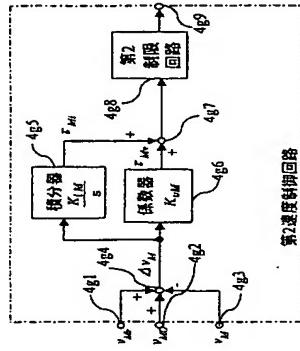




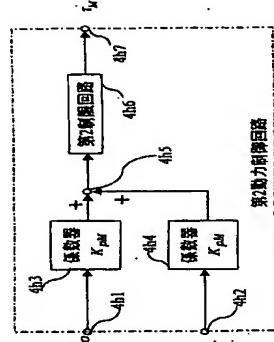
[図21]



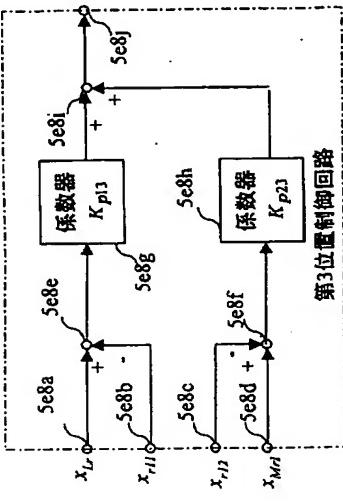
[圖9]



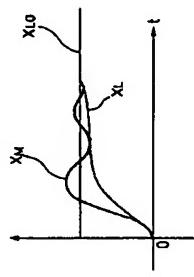
10



[図15]

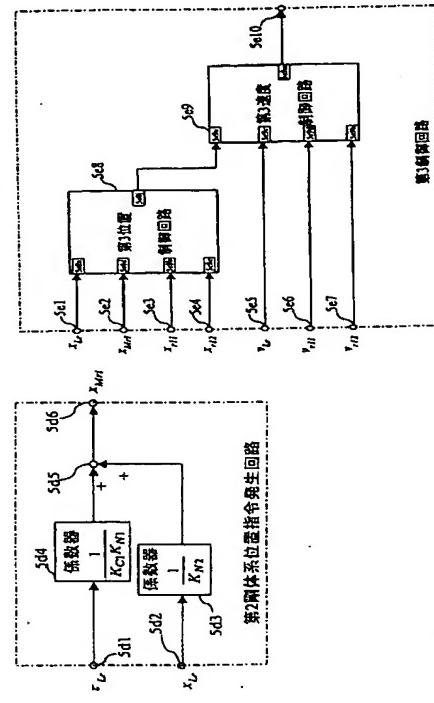


[図22]

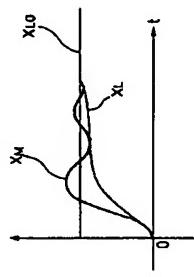


[図13]

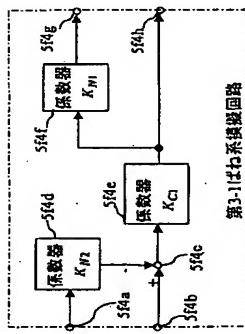
[図14]



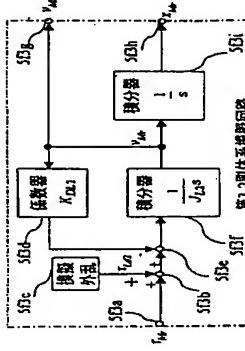
[四一四]



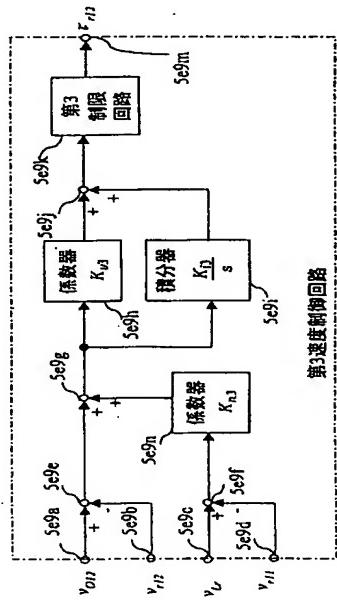
121



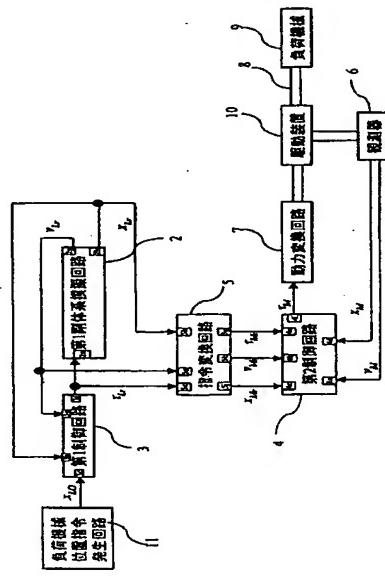
100



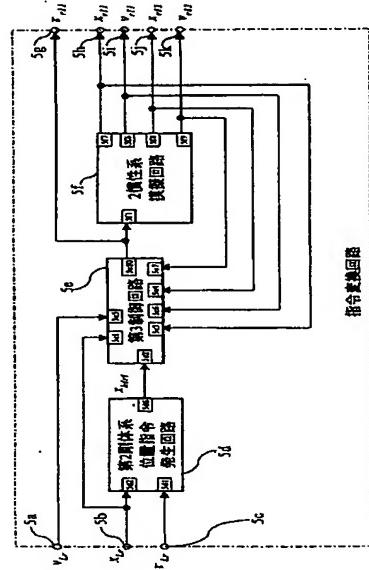
[図 16]



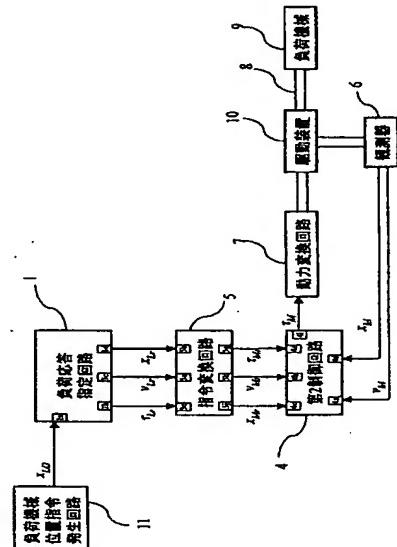
[图 1-7]



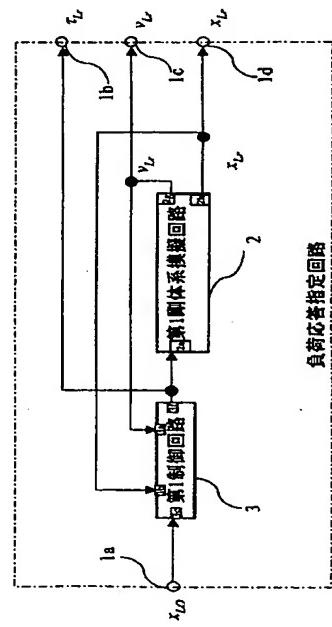
[81]



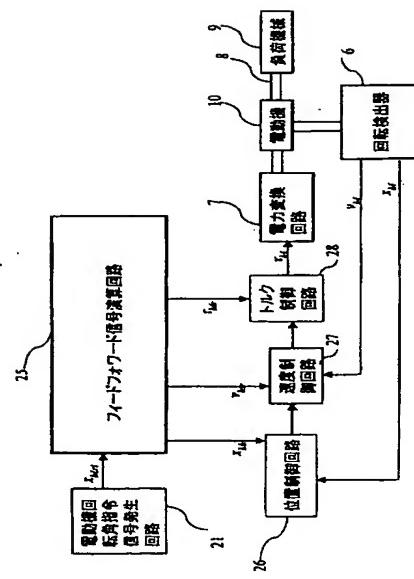
19]



【図20】



【図24】

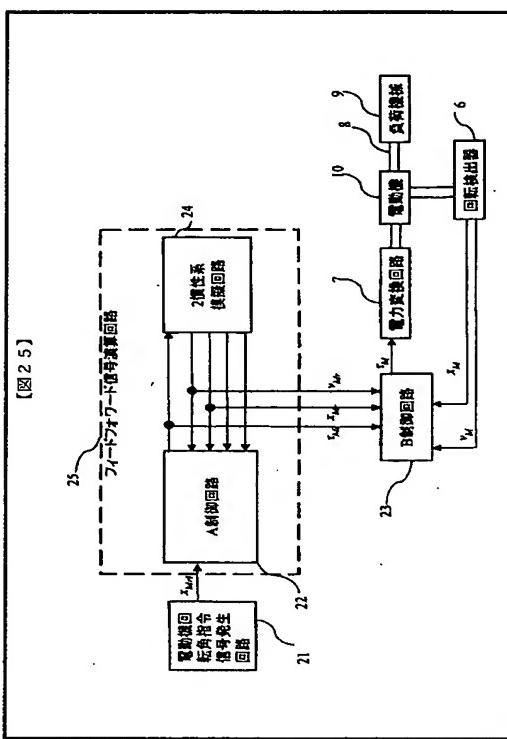


フロントページの続き

(72)発明者 小黒 伸一  
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
株式会社安川電機内  
(72)発明者 富田 浩治  
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号  
株式会社安川電機内

F ターム(参考) SH004 GA02 GA09 GB16 HA07 HB07  
HB08 KA22 KB05 KB31  
SH303 AA01 AA10 BB20 CC02 CC04  
DD01 DD02 DD04 DD11 JJ01  
KK03 KK08 KK11  
SH550 AA18 BB05 BB08 DD01 DD04  
DD06 GG01 GG03 GG10 HH16  
JJ04 JJ22 LL03 LL35

【図25】



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**